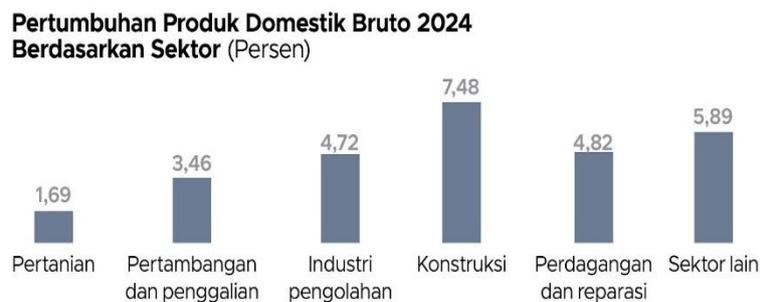


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor utama yang berkontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi global. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Keuangan, sektor konstruksi mengalami pertumbuhan sebesar 7,48% pada tahun 2024, menjadikannya sektor dengan pertumbuhan tertinggi dibandingkan sektor lainnya seperti industri pengolahan (4,72%) dan perdagangan (4,82%) (Girsang, 2024). Namun, seiring dengan pertumbuhan tersebut, tantangan dalam proyek konstruksi juga meningkat, terutama dalam hal manajemen risiko yang mencakup keterlambatan proyek, pembengkakan biaya, dan faktor lingkungan yang tidak dapat diprediksi.



Gambar 1.1 Pertumbuhan Produk Domestik Bruto 2024

Sumber : (Girsang, 2024)

Pada tahun 2024, sektor konstruksi Indonesia menunjukkan kinerja yang mengesankan. Hingga semester pertama tahun tersebut, nilai bisnis konstruksi mencapai Rp 423,4 triliun, menyumbang 12,73 persen dari total PDB nasional

sebesar Rp 3.325,1 triliun. (Ruhlessin & B, 2024), Pertumbuhan ini didukung oleh kontribusi sektor konstruksi yang menempati posisi keempat dalam perekonomian Indonesia, dengan persentase sebesar 10,23 persen pada triwulan I 2024. (Girsang, 2024) Selain itu, selama periode Januari hingga September 2024, sektor konstruksi dan properti menyumbang Rp 185 triliun kepada negara, menunjukkan peran vitalnya dalam perekonomian nasional. (Ruhlessin & B, 2024) Memasuki tahun 2025, pasar konstruksi diproyeksikan tumbuh sebesar 5,48 persen, dengan proyek perumahan dan industri sebagai kontributor utama terhadap total nilai konstruksi bangunan (Ruhlessin & B, 2024). Tren positif ini mendorong perusahaan untuk terus meningkatkan efektivitas dan efisiensi guna memenuhi kebutuhan pelanggan serta menjaga keberlanjutan proses produksi agar tetap kompetitif di pasar.

Risiko dalam proyek konstruksi merupakan faktor yang dapat menghambat jalannya proyek dan mengurangi efisiensi proses pembangunan. Risiko ini dapat berupa keterlambatan pengiriman material, kondisi cuaca yang tidak mendukung, kesalahan teknis, atau kendala koordinasi antar tim proyek. Risiko dalam proyek konstruksi merupakan faktor yang dapat menghambat jalannya proyek dan mengurangi efisiensi proses pembangunan. Risiko ini dapat berupa keterlambatan pengiriman material, kondisi cuaca yang tidak mendukung, kesalahan teknis, atau kendala koordinasi antar tim proyek (Maharani et al., 2022).

Penelitian yang berfokus pada analisis dan mitigasi risiko konstruksi memiliki manfaat strategis yang signifikan bagi perusahaan pengembang, terutama dalam meningkatkan efisiensi operasional dan ketepatan jadwal proyek. Dengan

adanya sistem mitigasi risiko yang lebih baik, perusahaan dapat mengurangi ketidakpastian dalam pelaksanaan proyek, mengoptimalkan pengambilan keputusan, serta meningkatkan daya saing di industri konstruksi.

Risiko dalam proyek konstruksi dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis utama yang berpotensi menghambat kelancaran proyek. Salah satu risiko yang sering terjadi adalah keterlambatan material, di mana masalah dalam pengadaan atau distribusi material seperti keterlambatan pengiriman dari pemasok, stok yang tidak tersedia, atau gangguan dalam rantai pasok dapat menyebabkan tertundanya proses pembangunan (Maharani et al., 2022). Selain itu, cuaca buruk seperti hujan lebat, angin kencang, atau bencana alam dapat menghambat pekerjaan di lapangan, terutama untuk aktivitas yang dilakukan di luar ruangan (Hapsoro et al., 2024)

PT Berkah Development merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengembangan perumahan dan telah beroperasi dalam berbagai proyek konstruksi di Indonesia. Perusahaan ini berfokus pada pembangunan perumahan yang berkualitas dengan memastikan proses konstruksi berjalan secara efisien dan sesuai jadwal yang telah ditetapkan. PT Berkah Development menghadapi berbagai tantangan dalam pelaksanaan proyeknya, terutama terkait risiko keterlambatan proyek akibat faktor eksternal maupun internal, seperti keterlambatan pengiriman material, kondisi cuaca yang tidak menentu, serta koordinasi yang kurang efektif antar tim proyek.

Tabel 1.1 Risiko pada proyek Berkah Development Tahun 2024

Risiko	Dampak	Frekuensi
Cuaca Buruk	5	3
Keterlambatan Material	2	4
Kekurangan Tenaga Kerja	1	4
Kerusakan Alat	1	3
Perubahan Desain	1	1

Sumber : Salinan Data Perusahaan PT Berkah development

Berdasarkan Tabel 1.1, risiko utama dalam salah satu proyek Berkah Development Tahun 2024 memiliki tingkat dampak dan frekuensi yang bervariasi. Cuaca buruk menjadi risiko paling kritis dengan dampak tinggi (5) dan frekuensi sedang (3), yang sering menghambat progres konstruksi. Keterlambatan material memiliki dampak rendah (2) tetapi frekuensi tinggi (4), sehingga sering terjadi dan berpotensi mengganggu kelancaran proyek. Kekurangan tenaga kerja dan kerusakan alat memiliki dampak sangat rendah (1), namun cukup sering terjadi dengan frekuensi tinggi (4) dan sedang (3). Perubahan desain merupakan risiko dengan dampak dan frekuensi paling rendah (1), sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap keterlambatan proyek.

Berdasarkan data lapangan yang dihimpun melalui wawancara dan observasi langsung, diketahui bahwa risiko-risiko seperti cuaca buruk, keterlambatan material, dan kekurangan tenaga kerja memiliki dampak nyata terhadap keterlambatan aktivitas dalam proyek konstruksi. Setiap aktivitas yang direncanakan memiliki estimasi waktu penyelesaian dalam kondisi ideal, namun

dalam praktiknya, risiko-risiko tersebut menyebabkan deviasi waktu yang cukup signifikan dari jadwal yang telah ditetapkan berdasarkan di kisaran 25%-100%. Sebagai salah satu contoh, proyek pengerjaan atap yang waktu direncanakannya adalah 2 minggu dikarenakan terjadinya risiko sehingga harus mengalami keterlambatan menjadi 1 bulan, hal ini mempengaruhi biaya operasional perusahaan untuk membayar kebutuhan operasional pada sisa waktu keterlambatan dan juga membuat pendapatan perusahaan menurun. Oleh karena itu diperlukan pendekatan mitigasi risiko berbasis *Markov Decision Process* dan *Reinforcement Learning* guna mengurangi dampak langsung dari ketidakterkendalinya risiko di lapangan.

Penelitian tentang manajemen risiko dalam proyek konstruksi telah banyak dilakukan dan memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi proyek, seperti penelitian yang dilakukan oleh Maharani et al. (2022) dan Simanjuntak et al. (2022), yang membahas analisis risiko menggunakan metode House of Risk (HOR) serta kajian literatur sistematis dalam proyek konstruksi. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih menggunakan pendekatan konvensional yang berfokus pada identifikasi risiko tanpa pendekatan berbasis data-driven dan pembelajaran mesin dalam menentukan strategi mitigasi secara optimal. Berbeda dengan fenomena yang terjadi dalam proyek konstruksi di PT Berkah development, keterlambatan proyek akibat ketidakpastian dalam pengiriman material, kondisi cuaca, serta keterbatasan tenaga kerja masih menjadi tantangan utama yang belum dapat diatasi dengan metode analisis risiko yang hanya bersifat deskriptif.

Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih adaptif dan

berbasis data dalam pengambilan keputusan mitigasi risiko proyek konstruksi. Beberapa penelitian telah menerapkan Machine Learning, seperti yang dilakukan oleh Jiang et al. (2023) dalam mengoptimalkan alokasi sumber daya proyek menggunakan Reinforcement Learning, serta penelitian Zhu & Leibowicz (2020) yang menggunakan *Markov Decision Process* (MDP) untuk analisis biaya-manfaat infrastruktur. Namun, penelitian-penelitian ini belum secara spesifik menerapkan kombinasi *Markov Decision Process* MDP dan *Reinforcement Learning* dalam mitigasi risiko keterlambatan proyek konstruksi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, *Markov Decision Process* MDP akan digunakan untuk memodelkan probabilitas transisi risiko proyek, sedangkan *Q-Learning* akan diterapkan untuk menentukan strategi mitigasi yang optimal guna meningkatkan efisiensi waktu proyek.

Pendekatan ini memungkinkan perusahaan untuk secara otomatis menganalisis dampak risiko dan menyesuaikan strategi mitigasi berdasarkan pola historis proyek, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada metode manual yang kurang fleksibel. Dengan menerapkan evaluasi kuantitatif berbasis persentase pengurangan durasi proyek setelah mitigasi, penelitian ini akan memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi mitigasi risiko berbasis kecerdasan buatan yang lebih efektif, terukur, dan dapat diterapkan dalam industri konstruksi secara nyata. Oleh karena itu, penelitian ini akan dilakukan dengan judul "Analisis Risiko Konstruksi menggunakan *Markov Decision Process* (MDP) dan *Reinforcement Learning* di PT Berkah development

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisis dan mengoptimalkan mitigasi risiko konstruksi pada proyek PT Berkah development menggunakan pendekatan *Markov Decision Process* (MDP) dan *Reinforcement Learning (Q-Learning)* guna meningkatkan efisiensi waktu proyek serta mengurangi ketidakpastian dalam pengambilan keputusan manajemen risiko.

1.3 Tujuan

Mengembangkan strategi mitigasi risiko konstruksi dengan menerapkan *Markov Decision Process* (MDP) dan *Reinforcement Learning (Q-Learning)* dalam proyek PT Berkah development, guna mengatasi permasalahan seperti keterlambatan proyek, ketidakpastian dalam perencanaan, serta kurangnya optimasi strategi mitigasi risiko. Dengan pendekatan ini, diharapkan perusahaan dapat mengidentifikasi risiko utama, menentukan strategi mitigasi optimal berbasis data, serta meningkatkan efisiensi waktu proyek secara signifikan.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Bagi PT Berkah development

Memberikan implementasi teknologi berbasis *Markov Decision Process* (MDP) dan *Reinforcement Learning (Q-Learning)* untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen risiko proyek konstruksi. Dengan penerapan metode ini, perusahaan dapat

mengoptimalkan strategi mitigasi risiko secara otomatis, sehingga meningkatkan ketepatan waktu penyelesaian proyek serta mengurangi dampak keterlambatan akibat faktor eksternal dan internal.

2. Bagi Penelitian Selanjutnya

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat dalam pengembangan metode analisis dan mitigasi risiko berbasis kecerdasan buatan dalam proyek konstruksi. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi studi selanjutnya yang ingin mengeksplorasi penerapan Machine Learning dalam pengambilan keputusan proyek untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen konstruksi. Selain itu, penelitian ini memberikan rekomendasi strategis dalam mengintegrasikan model berbasis data dalam sistem manajemen proyek agar lebih adaptif terhadap ketidakpastian risiko.